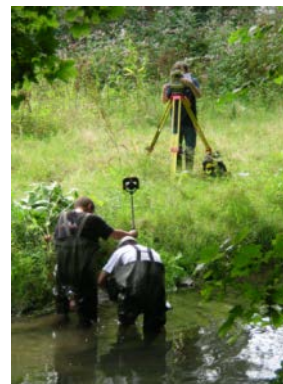


Évaluation des impacts des ouvrages transversaux sur le transport sédimentaire et l'hydromorphologie

Alexandre Peeters, François Petit & Geoffrey Houbrechts

Université de Liège, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale



En collaboration avec :

Université de Namur, Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive

Service Public de Wallonie, Direction des Cours d'eau non navigables

I) Contexte

II) Bassin versant du Bocq

III) Évaluation des impacts des ouvrages transversaux sur le transport sédimentaire

IV) Évaluation des impacts des ouvrages transversaux sur l'hydromorphologie

V) Évaluation des effets d'un effacement de seuil

VI) Dimensionnement d'un rampe rugueuse

Contexte : Directive Cadre Eau (2000/60/CE) : « *bon état écologique* » sous-tendu par les aspects de **continuité écologique**, comprenant le **transport des sédiments**

Le transport des sédiments :

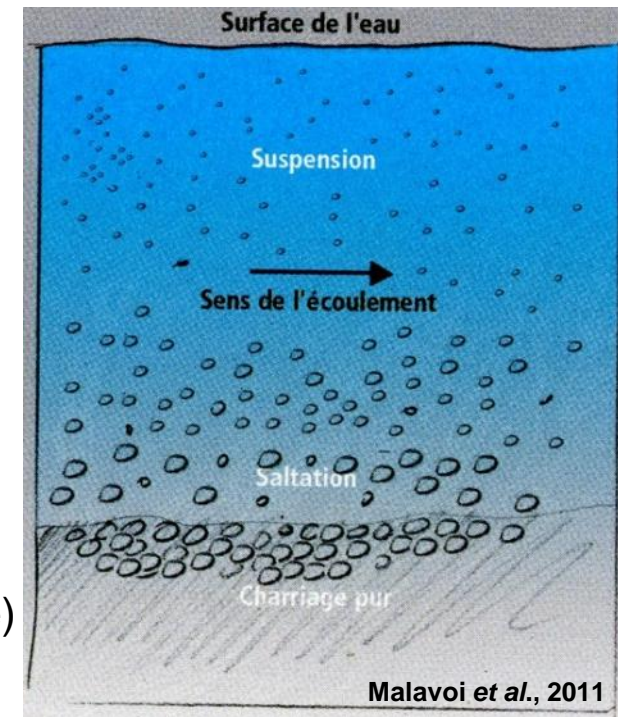
- Charge en suspension : sédiments fins
- Charge en saltation
- **Charge de fond** : sédiments grossiers



Charge de fond (charriage) : élément majeur du bon fonctionnement de l'hydrosystème rivière, de par les **substrats** qu'il fournit aux organismes aquatiques et terrestres :

- Habitat d'alimentation (organismes vivants et matière organique)
- Habitat de reproduction (poissons, invertébrés, oiseaux)
- Habitat de refuge (crue, prédateur)
- Support pour la flore aquatique et terrestre

+ rôle **d'auto-épuration** de l'eau (dégradation de la matière organique et cycles biogéochimiques)

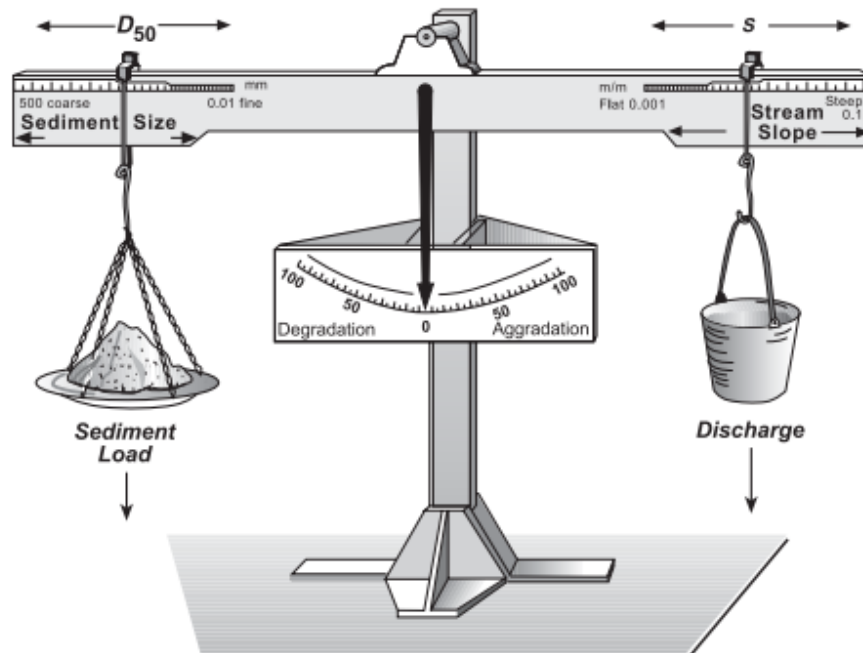


Impacts des ouvrages transversaux sur le transport sédimentaire

Conditions naturelles



équilibre

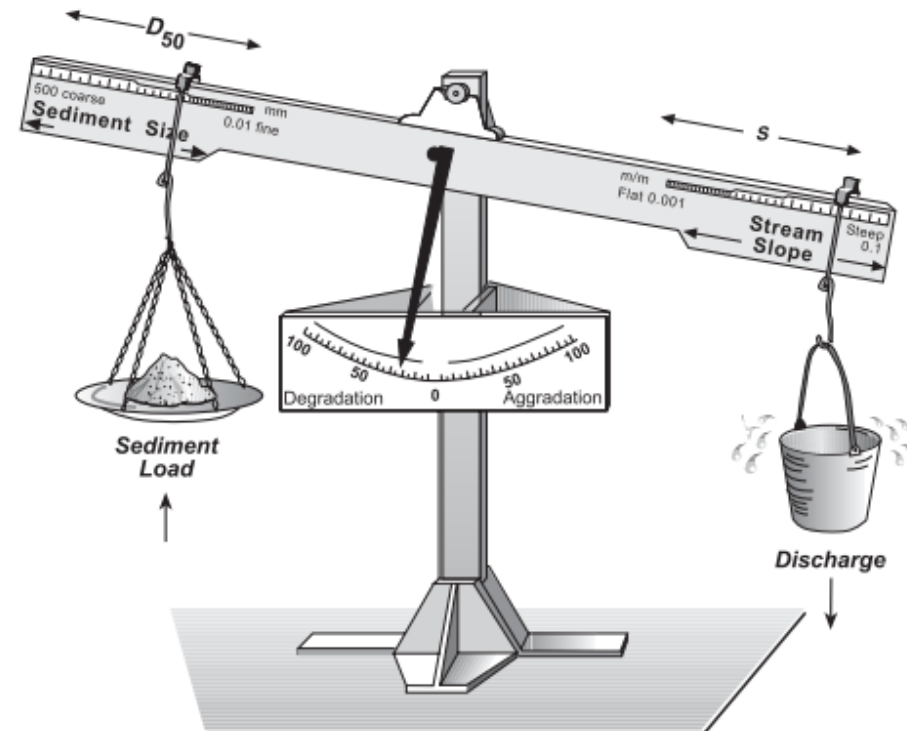


Modified from Lane (1955),
in Fryirs & Brierley (2013)

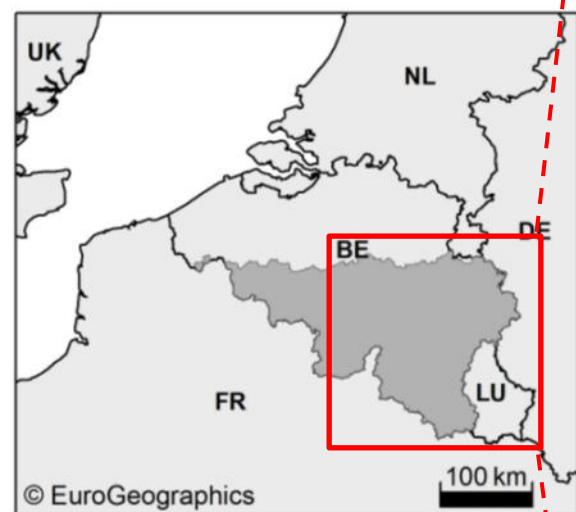
Conditions perturbées (ouvrage transversal) :
entrave au transport de la charge de fond



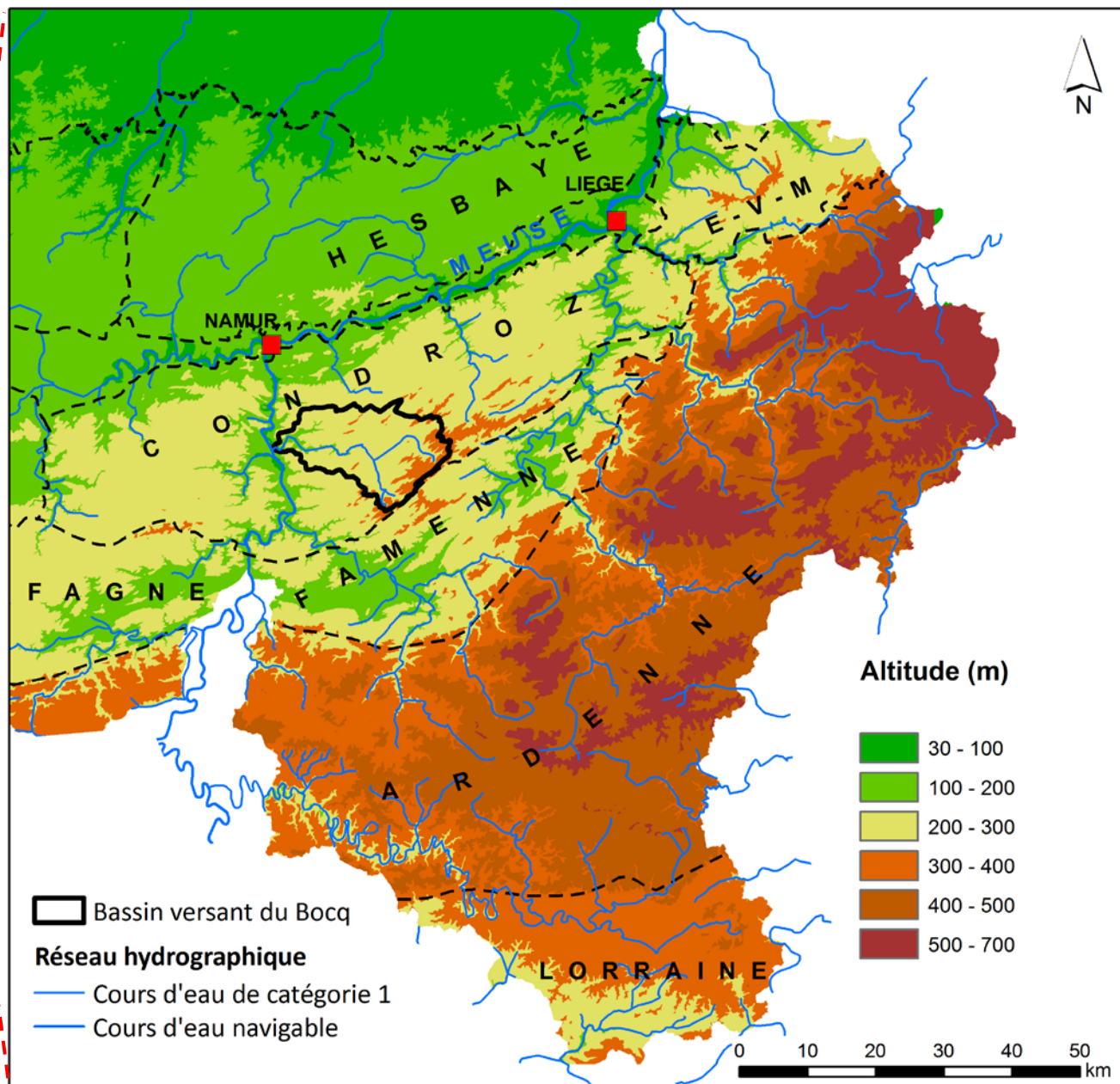
Déséquilibre : incision et érosion des berges
en aval de l'ouvrage



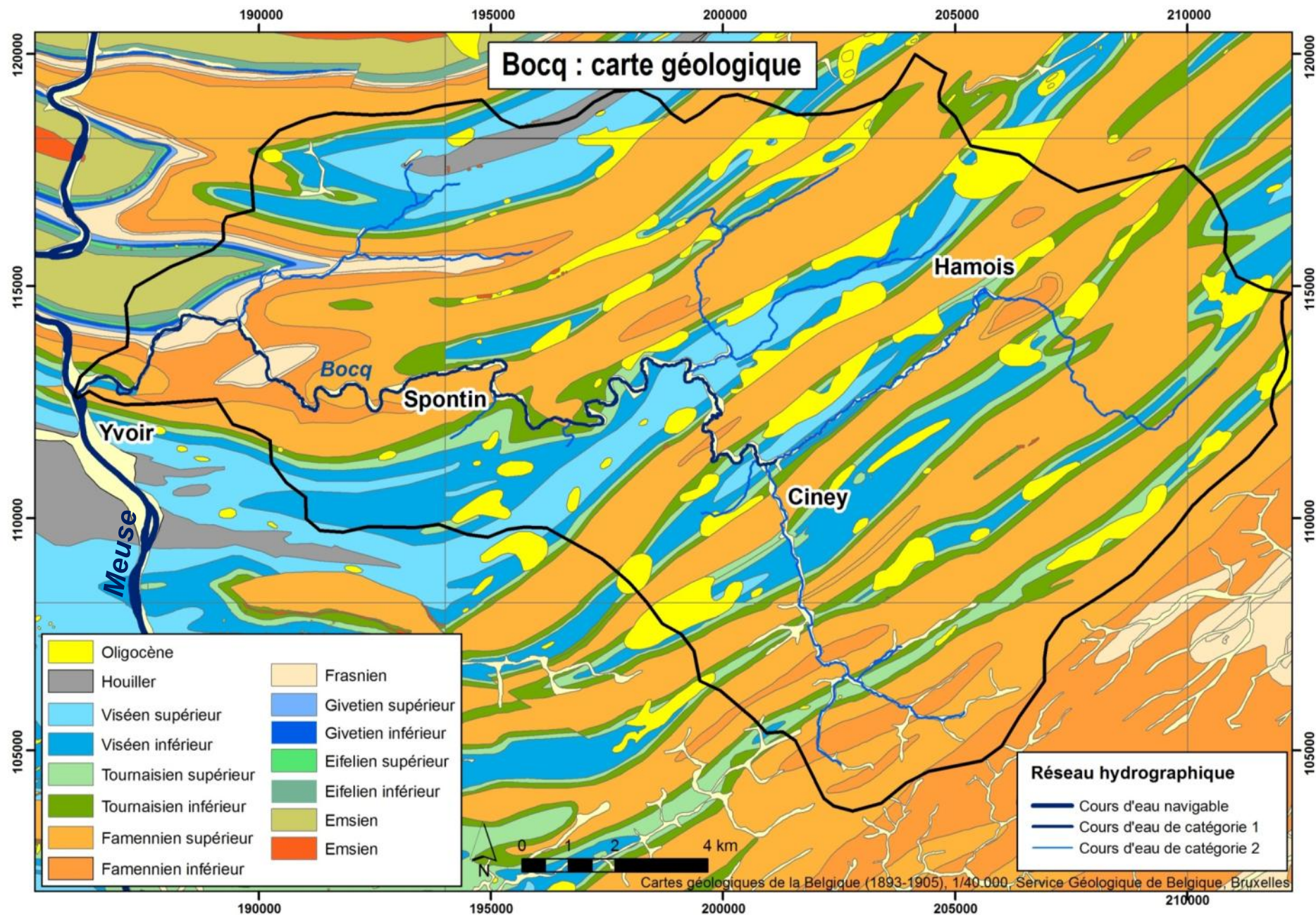
II. Bassin versant du Bocq

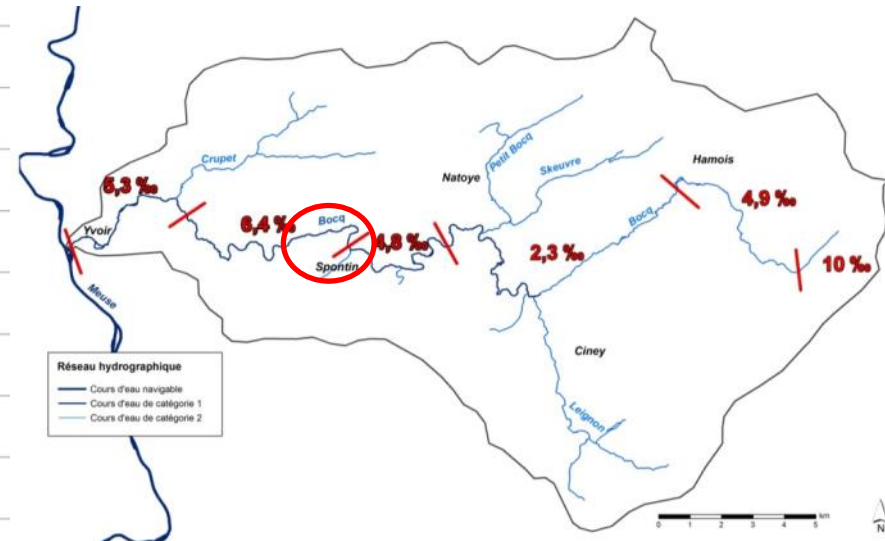
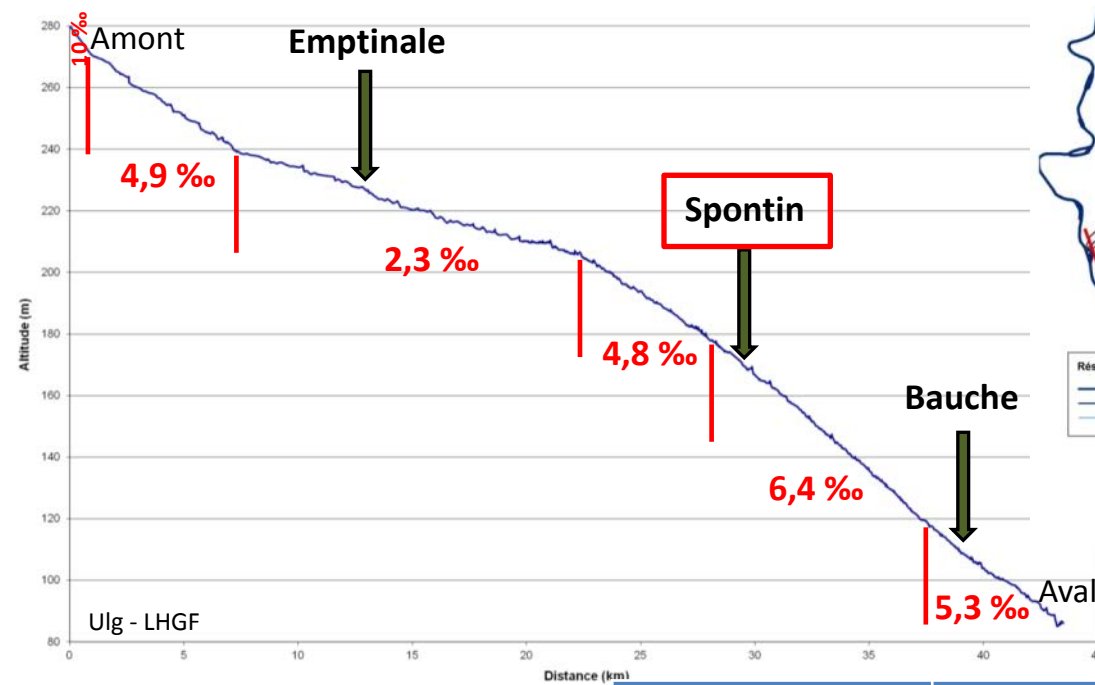


Bassin versant du Bocq : 237 km²



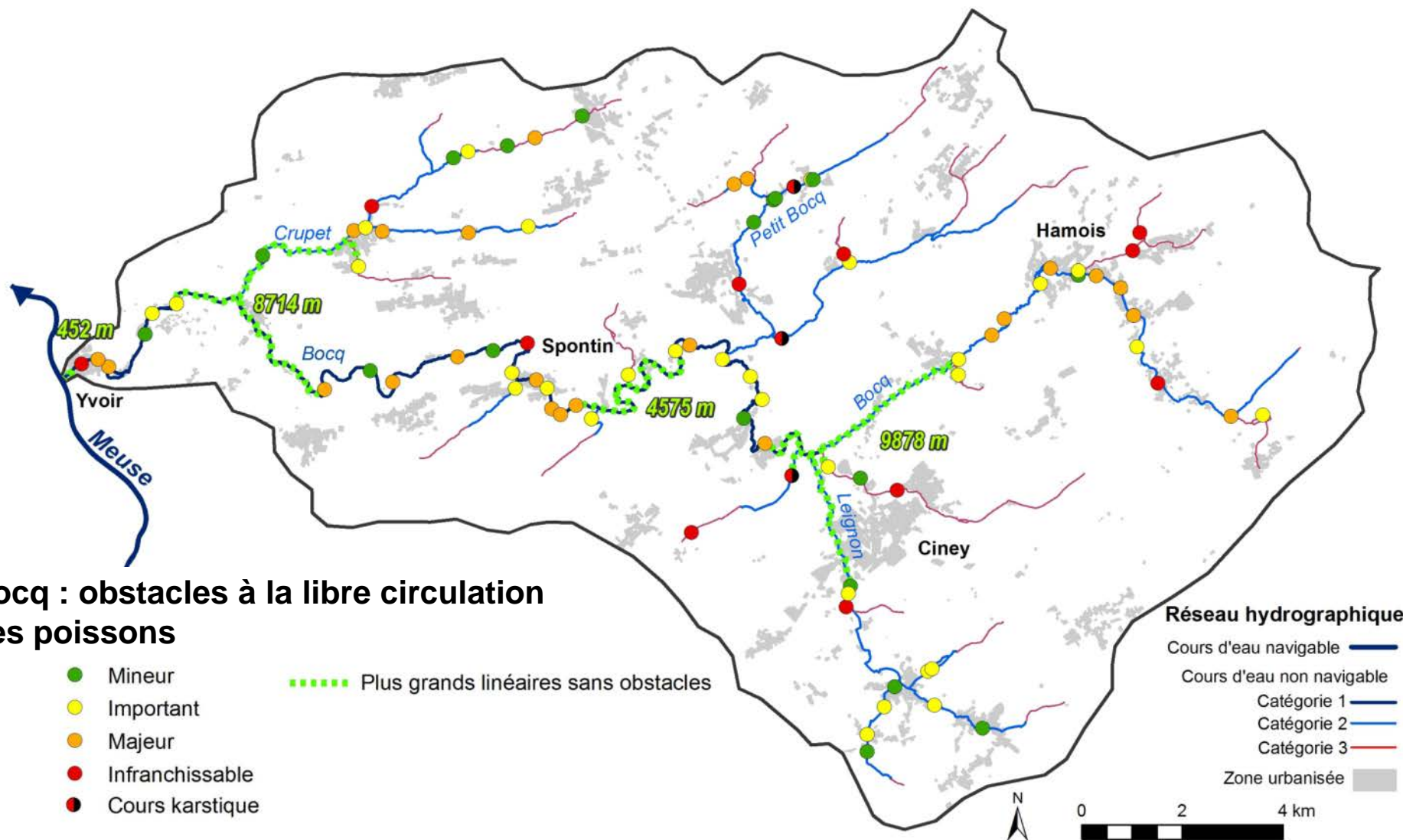
II. Bassin versant du Bocq





Caractéristiques du Bocq :

	Emptinale	Spontin	Bauche
Taille BV (km ²)	50	170	230
Pente (‰)	2,2	5,3	6,6
w_b (m)	6,2	10,2	12,8
Q_b (m ³ /s)	5,1	18,3	26,3
T_a (an)	N/A	2,5	4
ω_b (W/m ²)	18	93	132
D50 (mm)	N/A	40	52
D90 (mm)		68	101



Modifié d'après l'inventaire des obstacles à la libre circulation des poissons dans le réseau hydrographique wallon - Bassin du Bocq (Fédération des sociétés de pêche Vesdre Amblève, 2005)

76 obstacles
1 obstacle / 1,8 km

Types d'obstacles présents sur le Bocq :

- Seuils (fixe ou mobile)

- Cunettes et pertuis



Bocq à Yvoir (Dapsens)



Bocq à Spontin (Vivaqua)



Bocq à Yvoir (Maka)

4 hypothèses :

- I) la charge de fond est piégée à l'amont du déversoir → **Piégeage total**
- II) seuls les éléments les plus grossiers sont piégés → **Piégeage partiel**
- III) elle parvient à passer par-dessus la crête du déversoir → **Transparence**
- IV) elle transite par les vannes de fond → **Transparence**

Protocole d'évaluation des impacts :

- a) Description de l'ouvrage transversal :
 - type (seuil fixe ou mobile) + état des parties mobiles
 - mesure de la hauteur de pelle (remplissage)
- b) Analyse du profil longitudinal :
 - longueur du remous liquide
 - longueur du remous solide
 - évaluation de la quantité des sédiments retenus
- c) Comparaison des distributions granulométriques :
 - en amont (secteur de référence) de l'ouvrage
 - en aval de l'ouvrage
- d) Marquage de la charge de fond : *PIT Tags* et scories

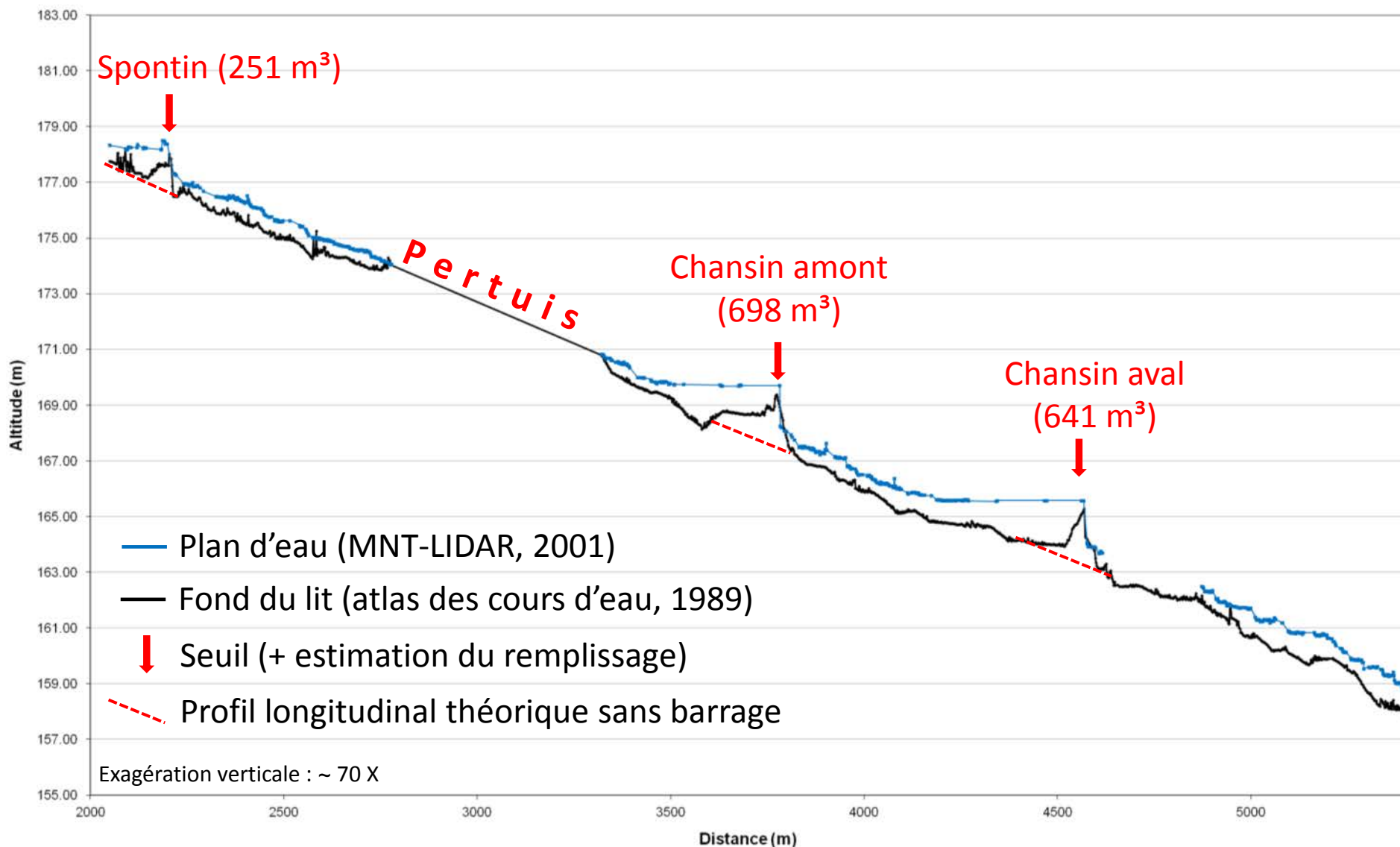
a) Description de l'ouvrage transversal :

- type (seuil fixe ou mobile) + état des parties mobiles
- mesure de la hauteur de pelle (remplissage)

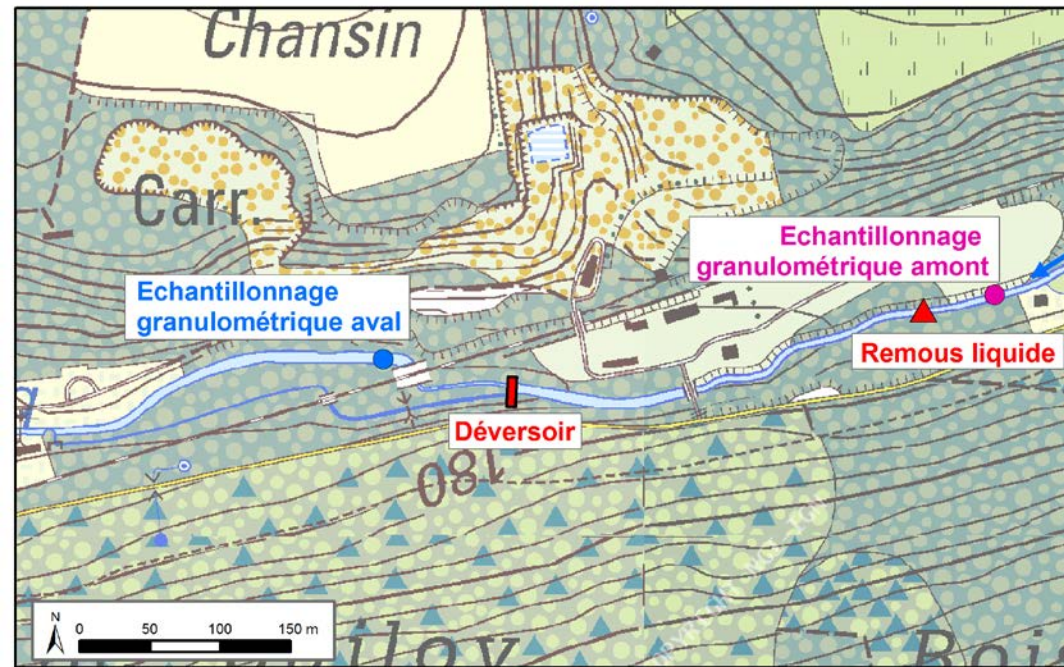
Exemple : Bocq à Purnode



b) Analyse du profil longitudinal :



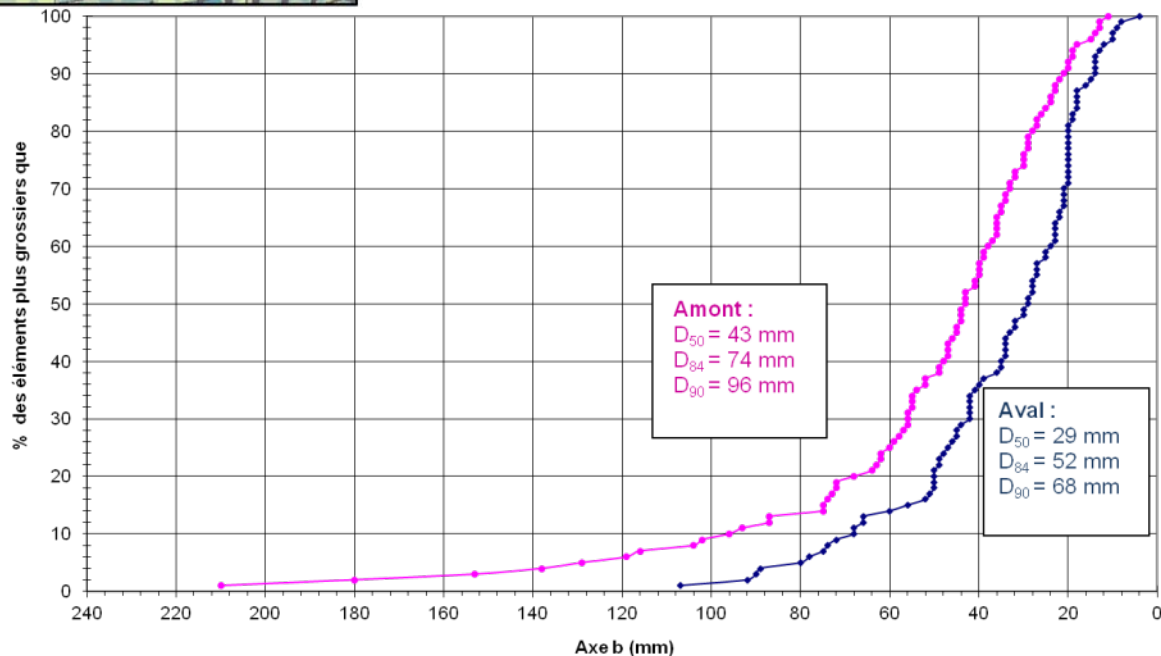
c) Comparaison des distributions granulométriques :



Exemple : Bocq à Chansin (aval)

Echantillonnage granulométrique de type Wolman sur seuil (radier) :

- en amont de l'ouvrage (secteur de référence), au-delà du remous liquide
- en aval de l'ouvrage



d) Marquage de la charge de fond

Objectifs :

- Déterminer s'il existe un piégeage de l'ouvrage par rapport aux éléments qui constituent la charge de fond
- Déterminer la taille des éléments piégés

Méthodes :

- Recherche de **macroscories** métallurgiques à l'aval des ouvrages
- Marquage à l'aide de **transpondeurs passifs** (*PIT tags - Passive Integrated Transmitter tags*)



Houbrechts et al., 2011



<http://www.ti-rfid.com>

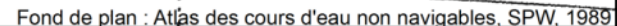


d) Marquage de la charge de fond

Exemple : Bocq à Chansin (aval)



Exemple : Bocq à Chansin

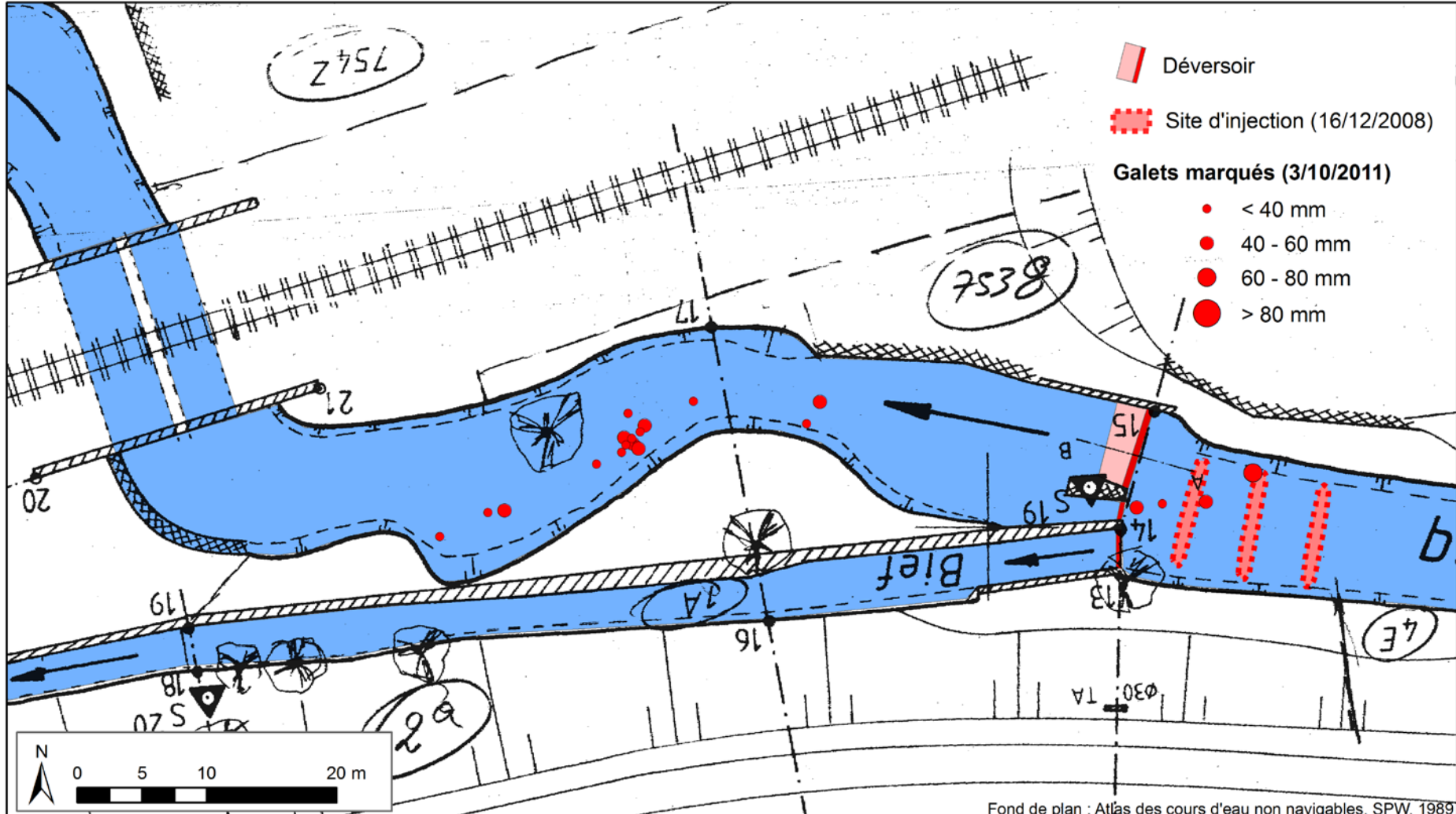


- Crue du 7/01/2011 ($Q = 31 \text{ m}^3/\text{s}$; $T = 11 \text{ ans}$)

- Vanne fermée



30 % des galets marqués en aval du seuil (axe b max. : 47 mm) ➡ Piégeage partiel



Exemple : Bocq à Chansin (aval)

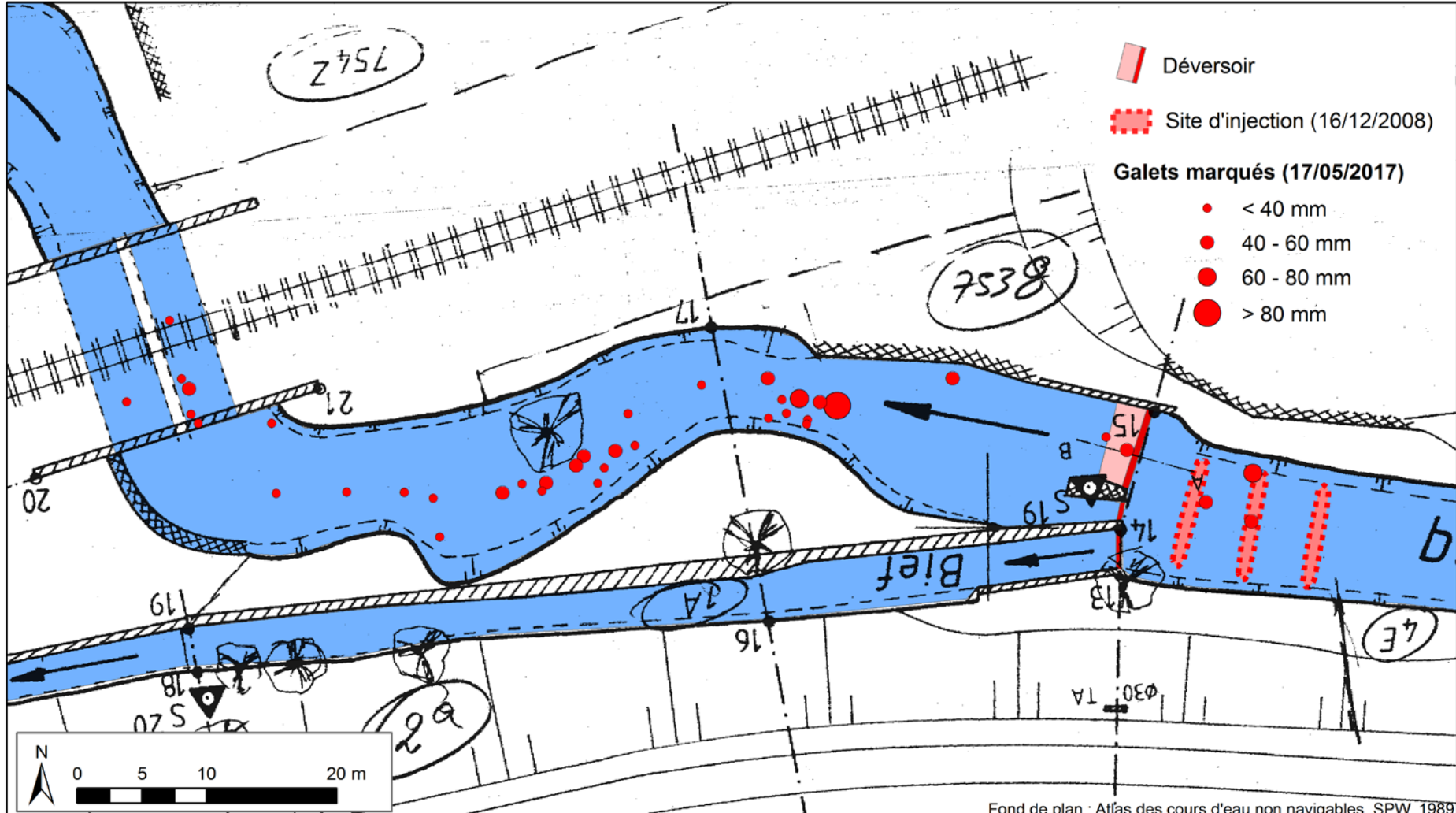
Vanne endommagée



- Crue du 21/09/2014 ($Q = 19 \text{ m}^3/\text{s}$; $T = 2,5 \text{ ans}$)
- Vanne ouverte (endommagée)



72 % des galets marqués en aval du seuil (axe b max. : 114 mm) ➡ **Transparence**

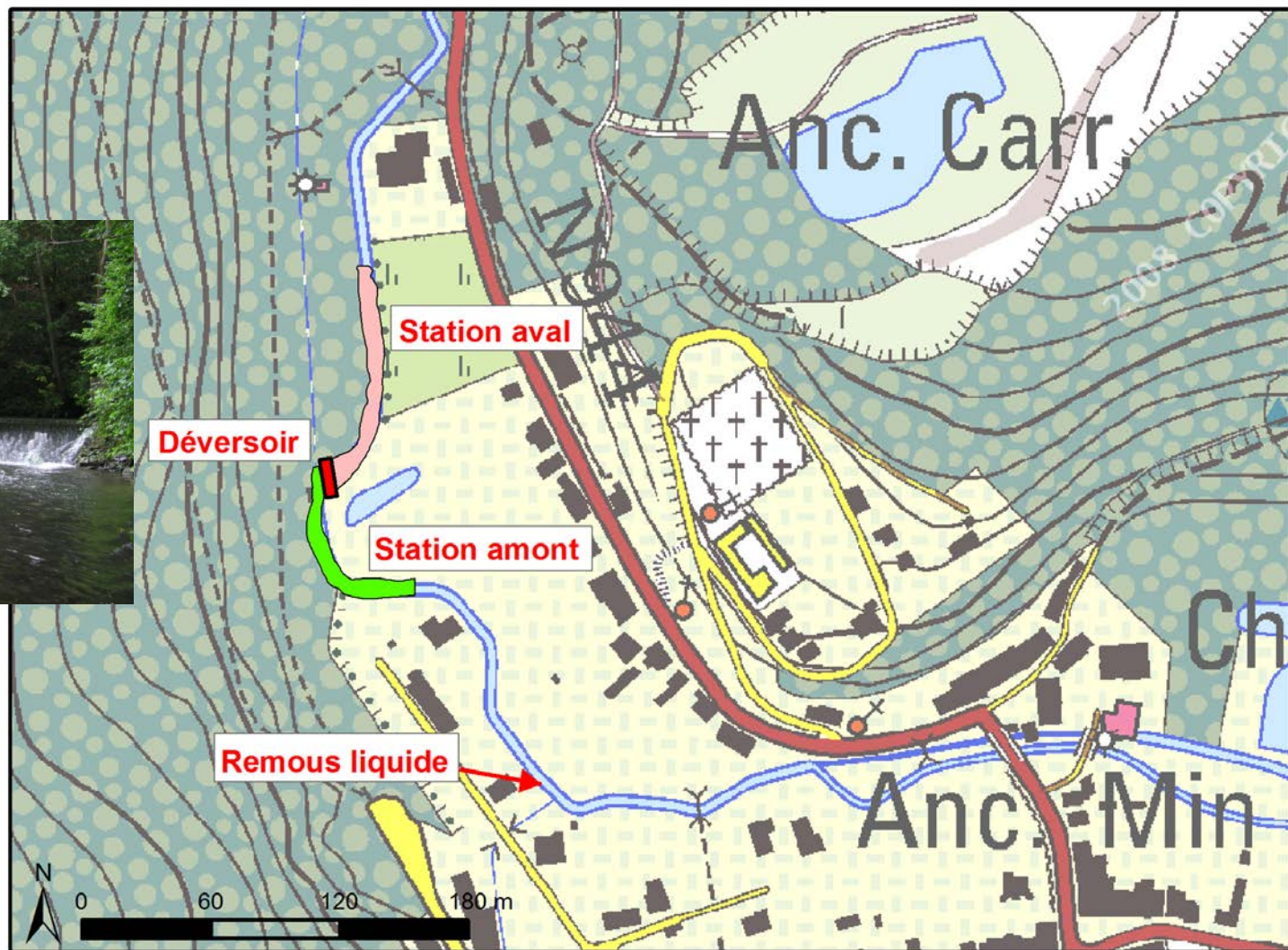


Synthèse du diagnostic des ouvrages transversaux

- I) Les ouvrages ont été rapidement remplis de sédiments grossiers**
- II) Ils laissent généralement passer la charge de fond par-dessus la crête du déversoir, sauf les éléments les plus grossiers (piégeage partiel)**
- III) La charge de fond transite facilement par les vannes de fond ouvertes**
- IV) Peu d'incision est observée à l'aval des barrages**

- Cartographie des microhabitats
- Calcul de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) (CSP, 1993–1997 ; TELEOS, 1999- 2003)

Exemple : Bocq à Spontin

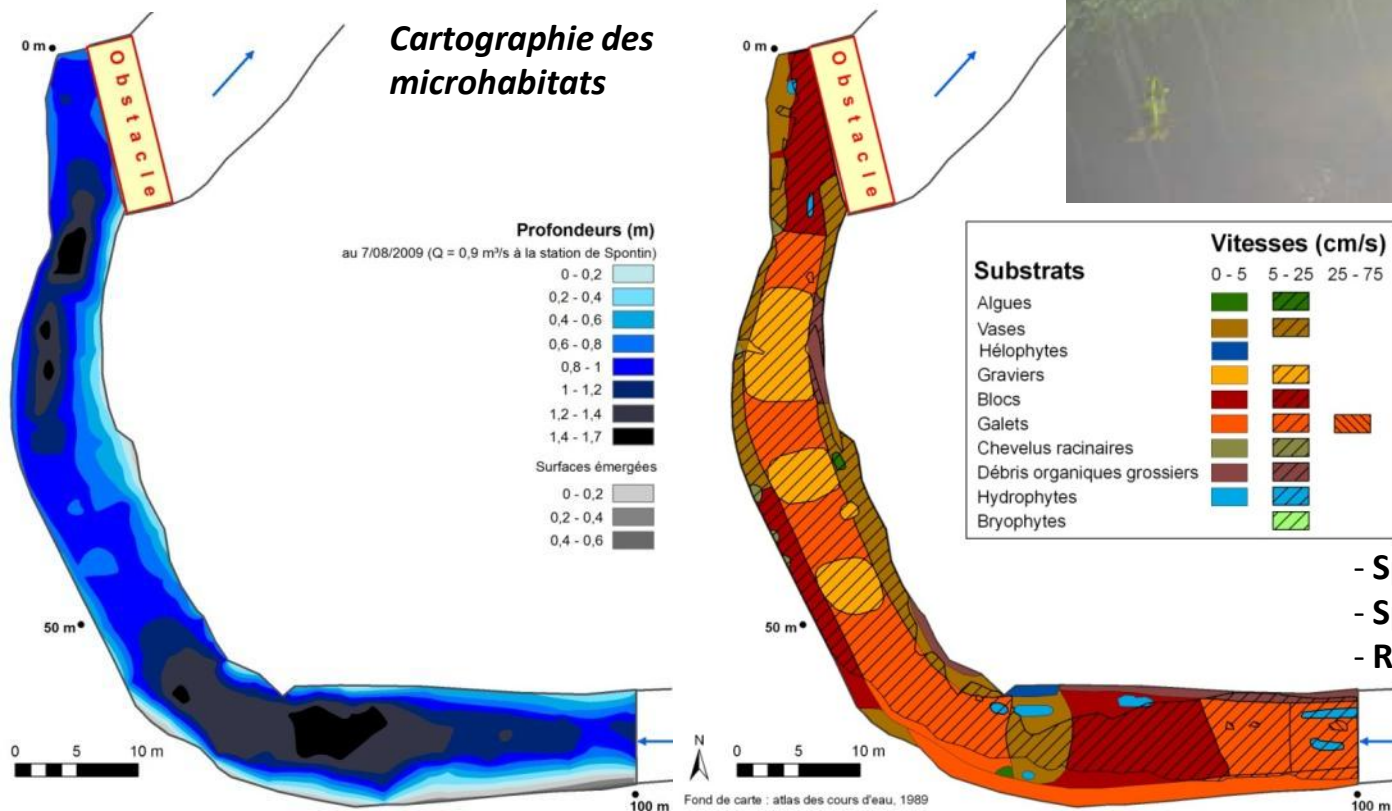


Secteur aval de l'ouvrage :

- Peu de perturbations

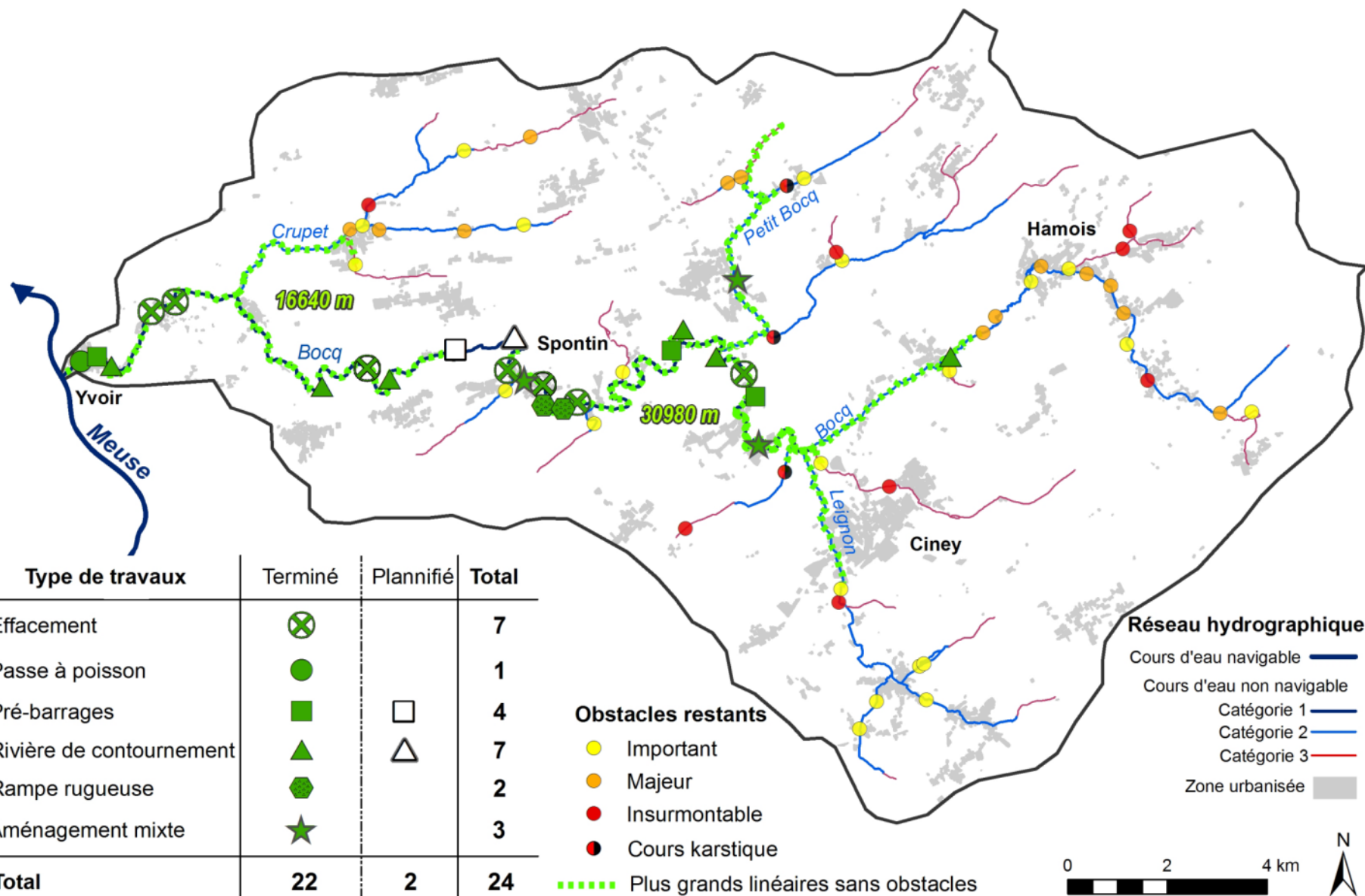
Secteur amont de l'ouvrage :

- Faciès d'écoulement lentique (faible vitesse et profondeur importante)
- Substrats minéraux envasés



Indice d'attractivité morphodynamique (IAM)
(CSP, 1993–1997 ; TELEOS, 1999- 2003) :

- Spontin amont : 1910/8600 (22 %)
- Spontin aval : 6022/8648 (70 %)
- Référence : 6847/9155 (75 %)



Effacement du déversoir de Spontin sur le Bocq

- Obstacle à la libre circulation des poissons
- Transport sédimentaire perturbé
- Contrainte inondation en amont
- Remous liquide : 200 m
- ➔ Facies d'écoulement lentique



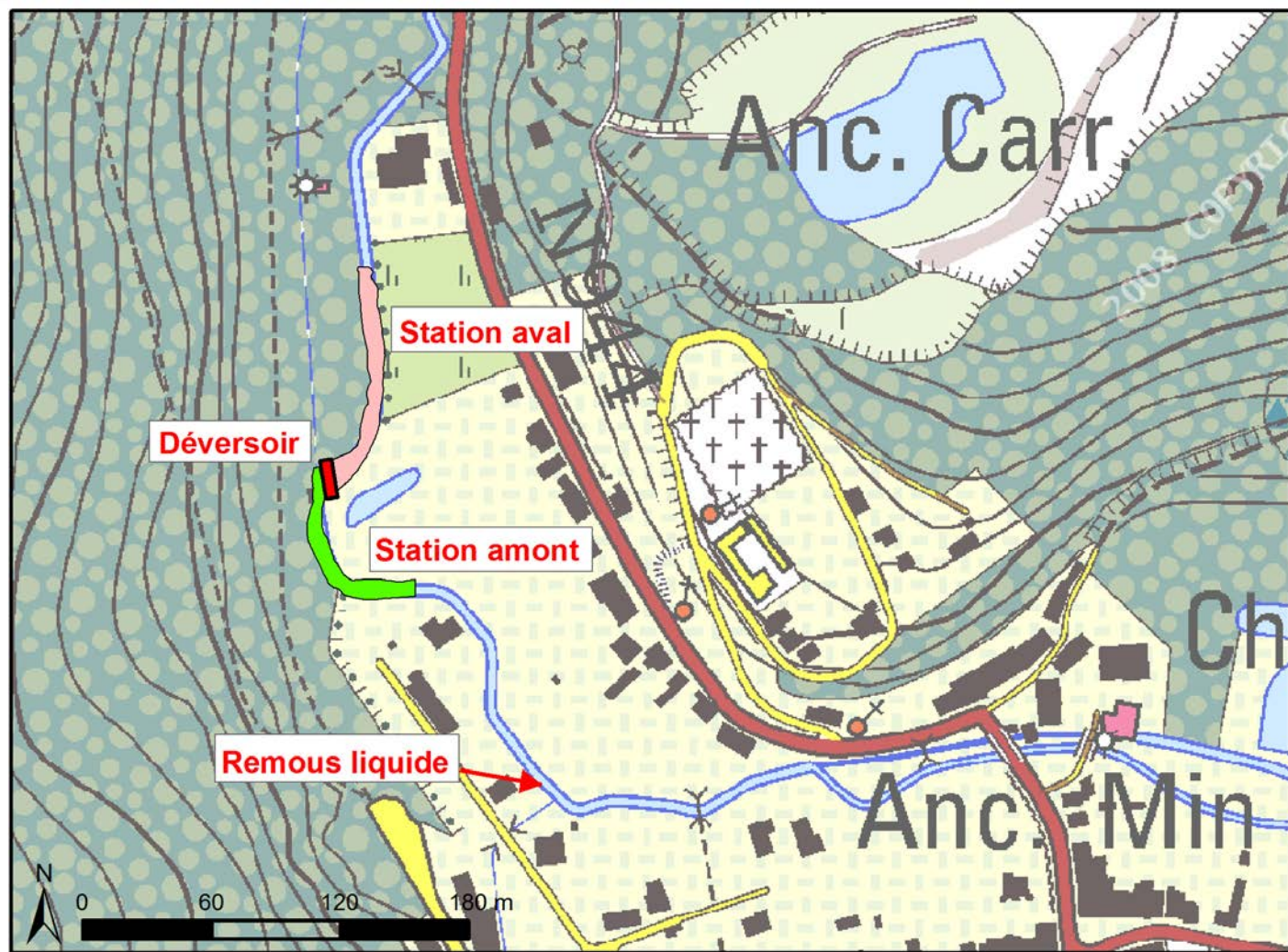
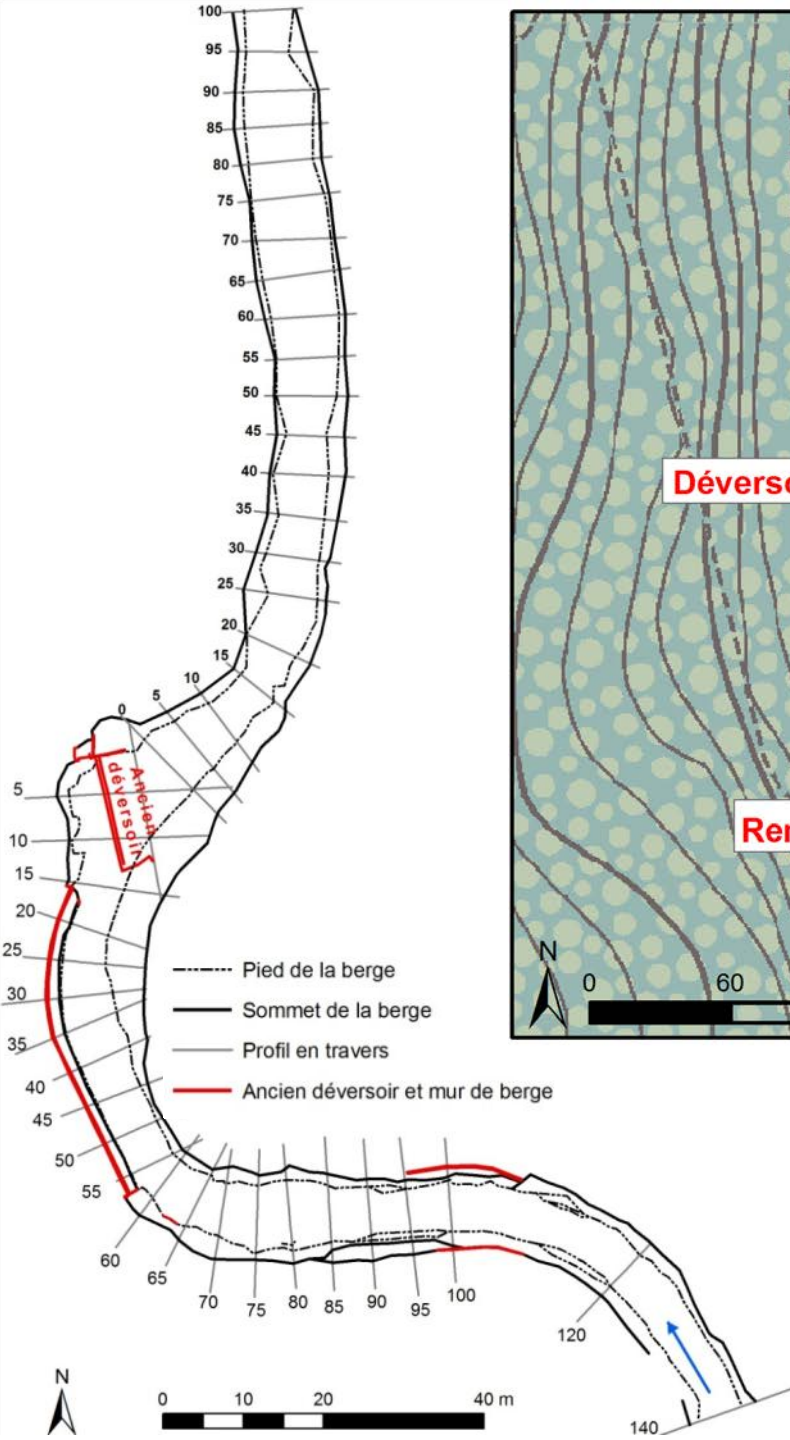
Travaux d'arasement (25/11/2010)



Travaux d'arasement (25/11/2010)

Suivis :

- Cartographie des facies d'écoulement et des microhabitats
- Comparaison de levés topographiques
- Marquage des sédiments



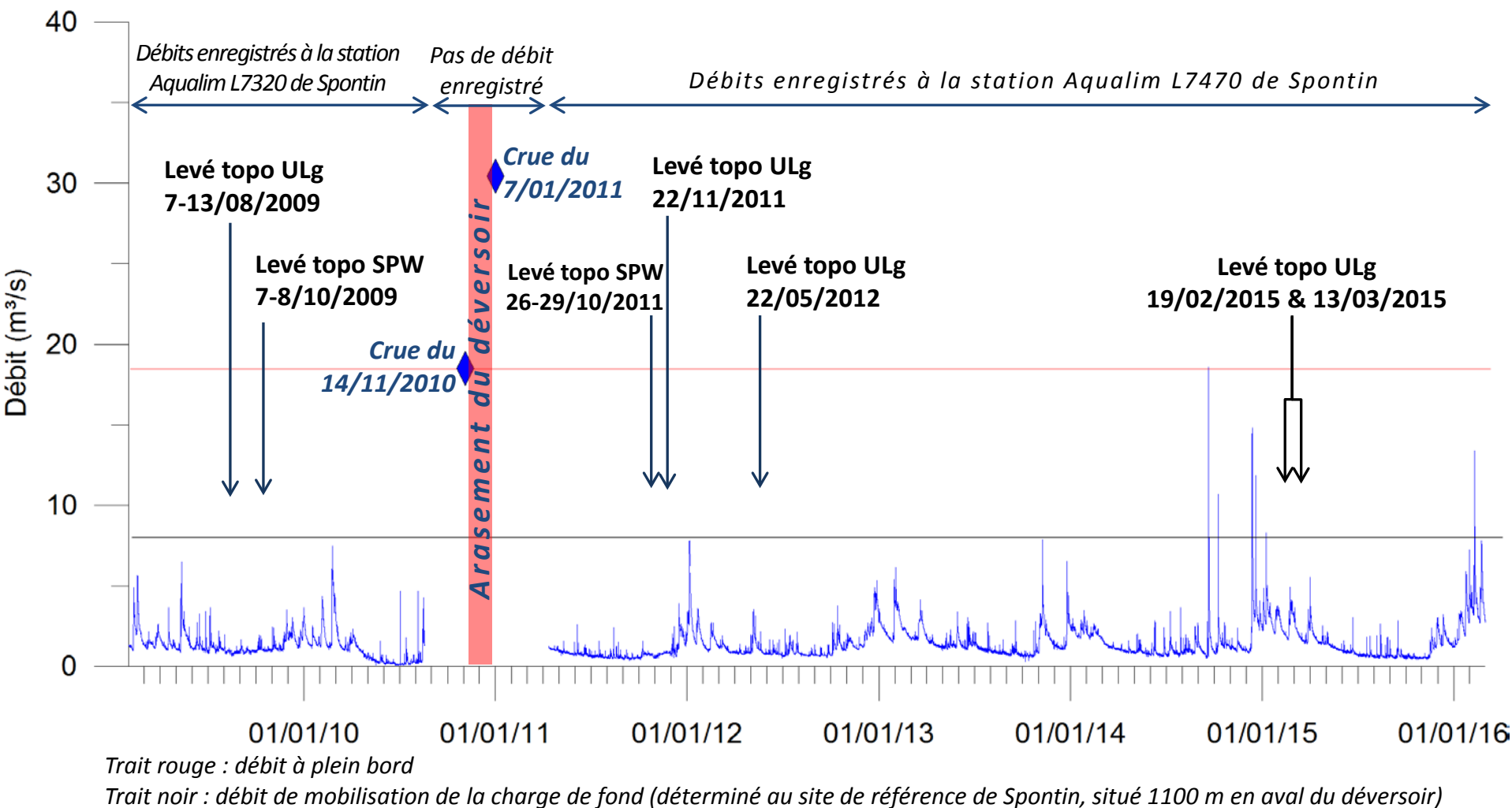
Comparaison de levés topographiques

Comparaison de levés topographiques :

- Profils en travers
- Profil en long
- MNT du fond du lit

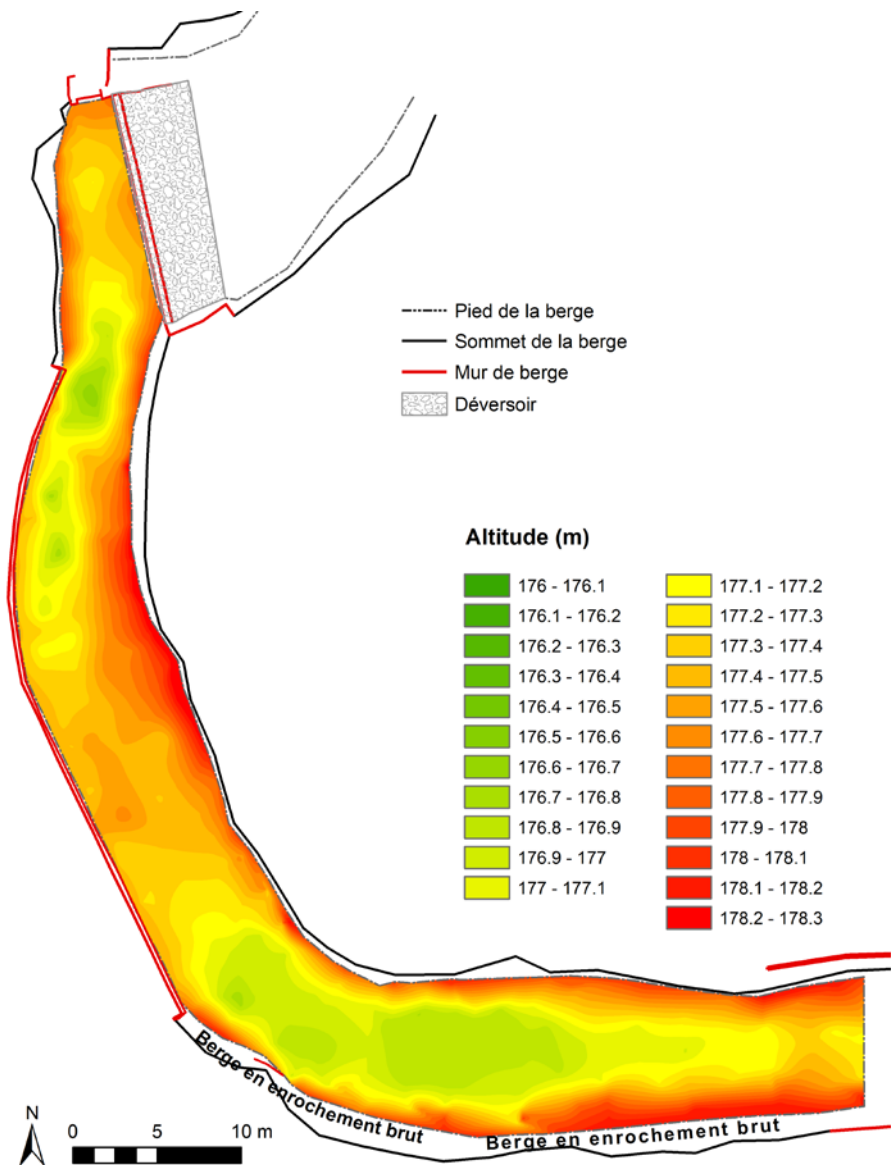


**Changements morphologiques
post-travaux de réhabilitation**

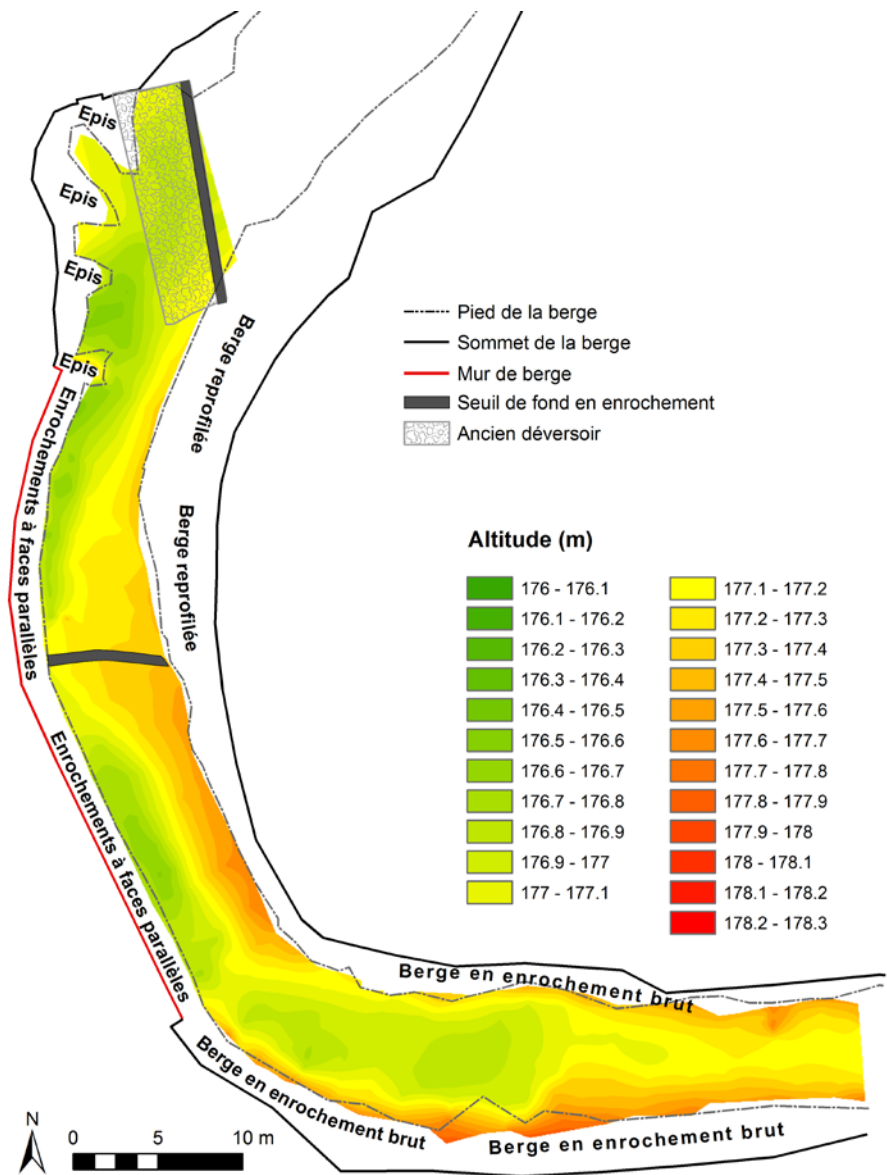


Bocq Spontin : amont déversoir

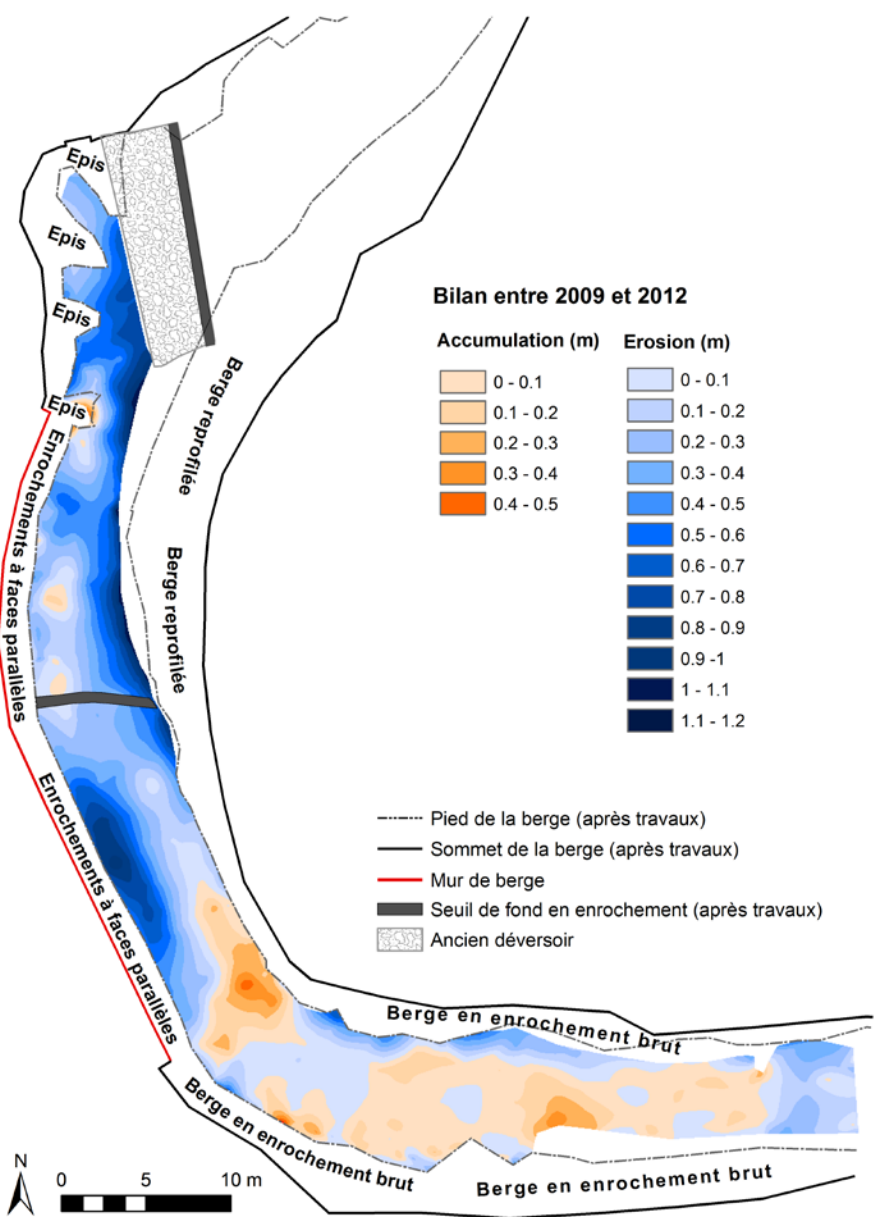
2009 (avant effacement)



2012 (après effacement)



Bocq Spontin : amont déversoir



Bilan

Volume érodé : 104 m³
Volume accumulé : 14 m³
Bilan : - 90 m³, soit érosion sur 19 cm d'épaisseur en moyenne

Bilan 2009 - 2012

Amont déversoir

Volume érodé : 104 m³

Volume accumulé : 14 m³

Bilan : - 90 m³, soit érosion sur 19 cm d'épaisseur en moyenne

Aval déversoir

Volume érodé : 17,6 m³

Volume accumulé : 78,3 m³

Bilan : + 60,7 m³, soit accumulation sur 7 cm d'épaisseur en moyenne

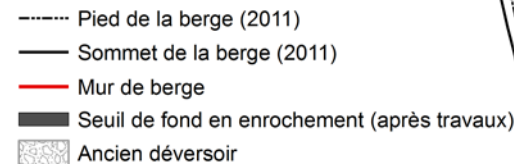
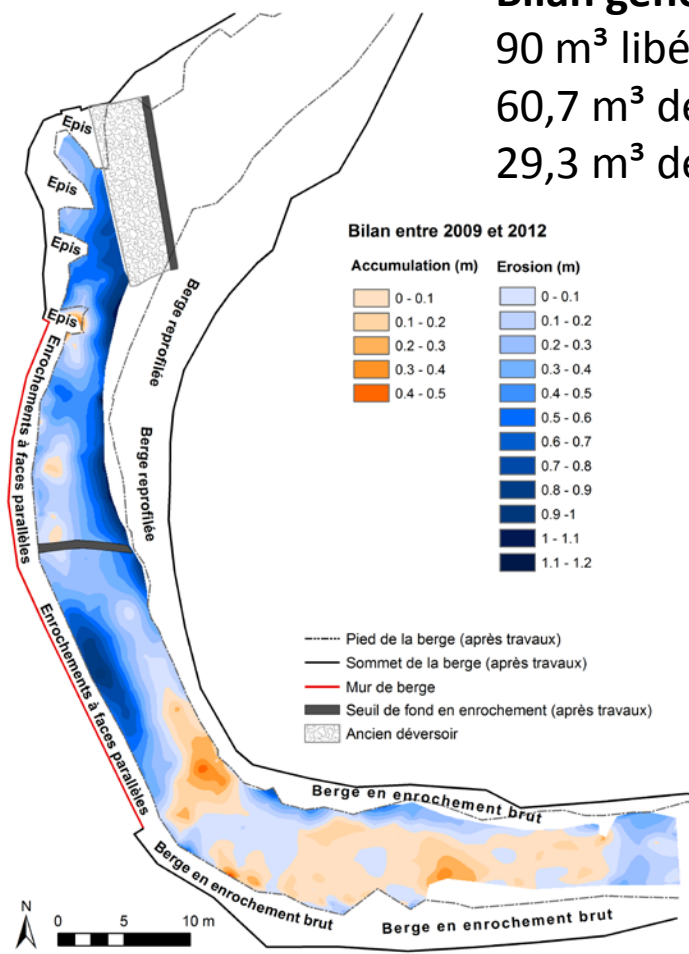


Bilan général

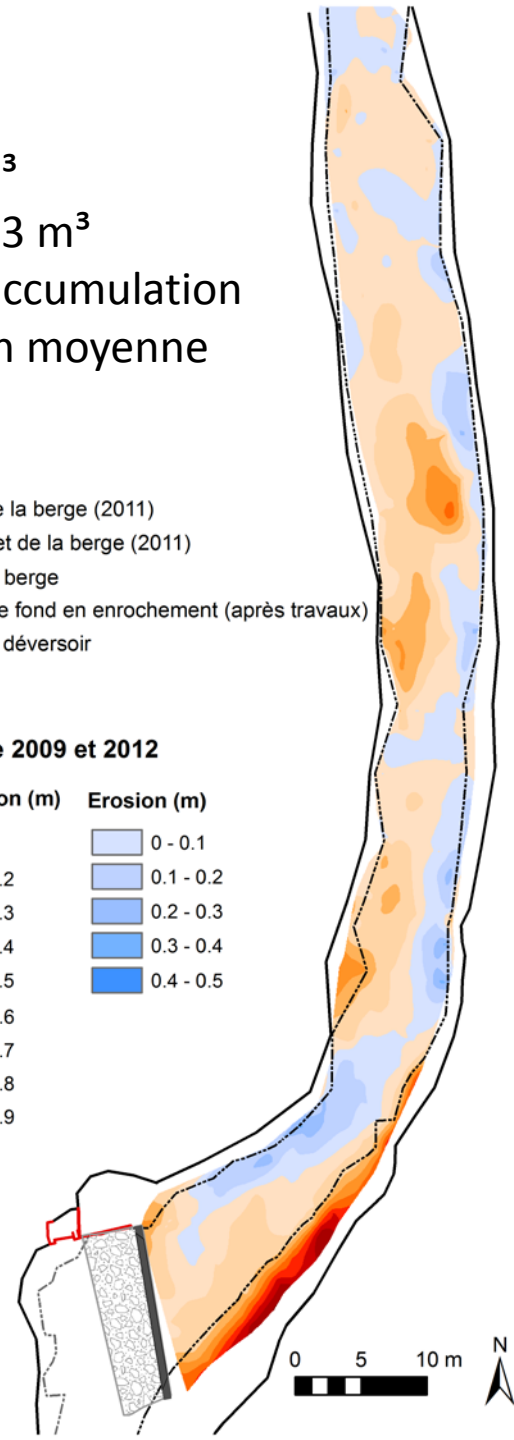
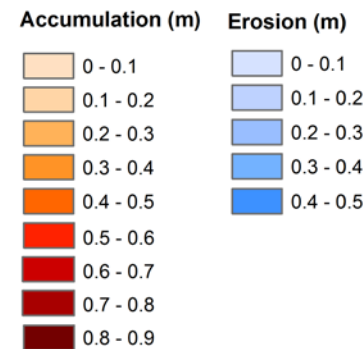
90 m³ libérés en amont

60,7 m³ déposés sur les 100 m aval

29,3 m³ déposés au-delà des 100 m ?



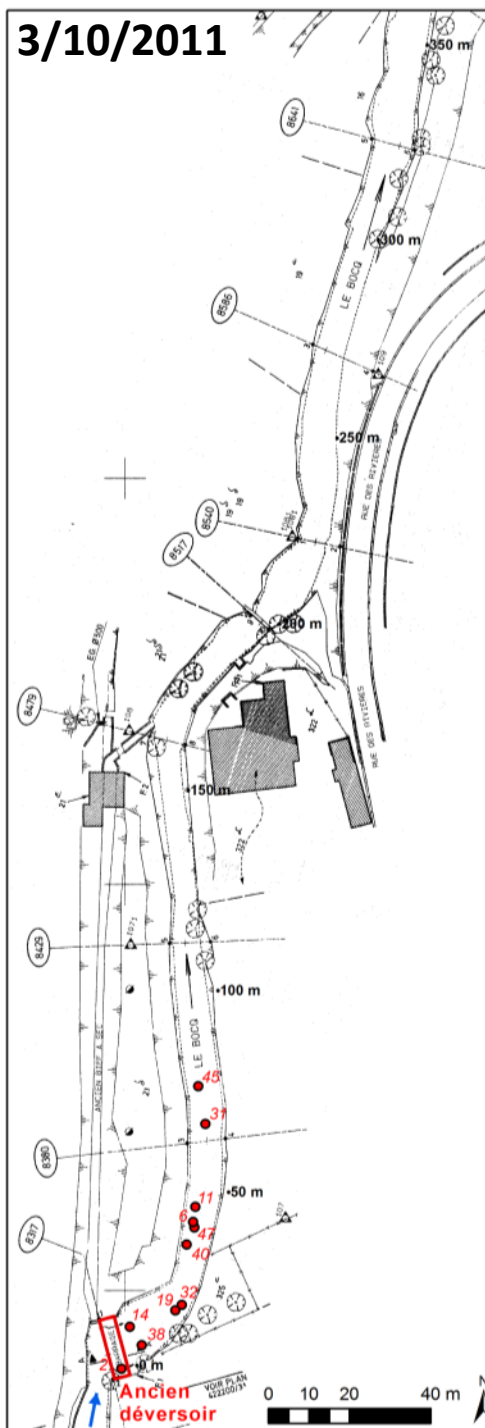
Bilan entre 2009 et 2012



Bocq à Spontin : relevé du marquage de la charge de fond (PIT Tags)

Mise en évidence de l'avancée de la vague sédimentaire :

- jusqu'à 340 m en aval de l'injection en 5 ans
- Axe b des éléments mobilisés : 26-65 mm

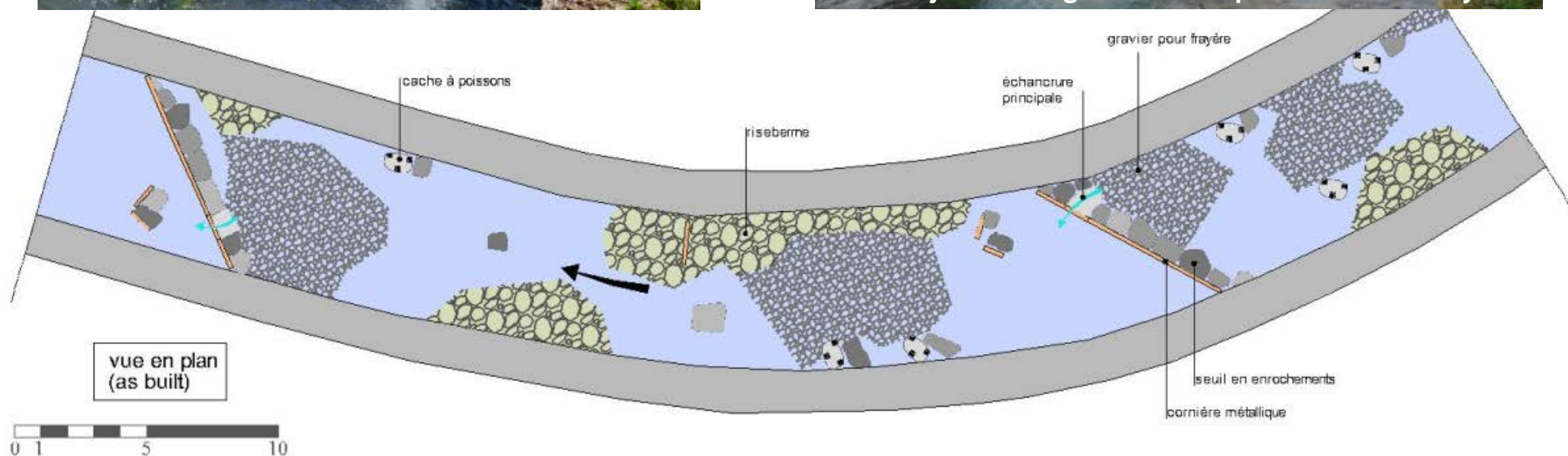


- 23 seuils déversoirs en blocs d'enrochement
- Création de risberme en blocs (diamètre: 15 à 45 cm)
- Frayères reconstituées (galets allochtones ; 3-4 cm)

VI. Dimensionnement d'une rampe rugueuse



Injection de galets roulés pour créer des frayères



Calcul de la compétence pré- et post-restauration

Objectif : estimer la compétence pré- et post-réhabilitation sur le secteur de la cunette ➡ Déterminer si les éléments (blocs et galets) injectés dans le cadre des travaux sont mobiles ou non

➡ Approche utilisant les marquages de la charge de fond (*PIT Tags*)

Méthode :

Suivi d'un marquage de 100 éléments grossiers (PIT Tags) injectés sur la cunette



Résultats :

Avant réhabilitation

- Mobilisation des éléments grossiers pour $T < 1$ an
- Mobilisation d'éléments de 30 cm pour $T < 1$ an

Après réhabilitation

- Mobilisation des éléments grossiers pour $T \sim 1$ an
- Mobilisation d'éléments de 8 cm pour $T \sim 1,4$ an
- Mobilisation d'éléments de 14 cm pour $T \sim 2$ ans

➔ Approche utilisant les formules de transports

- Levés topographiques et relevés des niveaux d'eau (laisses de crue) pour :
 - 7/01/2011 (pré-réhabilitation) ($Q_h = 30,6 \text{ m}^3/\text{s}$; $T \sim 11 \text{ ans}$)
 - 21/09/2014 (post-réhabilitation) ($Q_h = 18,6 \text{ m}^3/\text{s}$; $T \sim 2,5 \text{ ans}$)



- Détermination du coefficient de Manning
- Estimation du Q_b pré- et post-réhabilitation
- Calculs de la taille des particules mobilisables pour le niveau de plein bord (sur base des forces tractrices et du critère de Shields)

	Coefficient de Manning	Débit à plein bord (m^3/s)	T (ans)	Di (mm)
Secteur amont				
Pré-réhabilitation	0.015	47	> 30	332
Post-réhabilitation	0.032	22	4.5	107



- Risberme en blocs (axe b : 15 à 45 cm) : pérennité des aménagements
- Frayères reconstituées (axe b : 3-4 cm) : durée de vie limitée (fréquente mobilisation et dispersion)

I) Les ouvrages transversaux du Bocq sont généralement transparents, sauf dans quelques cas (piégeage partiel des éléments grossiers)

II) Option de l'effacement est la plus efficace car :

- rétablit la libre circulation des poissons
- abaissement de la ligne d'eau en amont (moins d'inondations)
- rétablit les faciès découlement lotiques (rivière salmonicole)
- vague sédimentaire fournit des sédiments grossiers en aval qui constituent des sites potentiels de frai

III) Option de rampe rugueuse plus mitigée :

- rétabli la libre circulation des poissons
- durée de vie limitée des habitats aquatiques (gravières frayères)